

核融合産業の育成政策について



令和4年12月
科学技術・イノベーション推進事務局



核融合産業の育成政策について

《論点》

- ・ITER計画等で培われた産業技術・人材を確保・育成していくために必要な取組は何か（例：海外需要取り込み）
- ・核融合開発にベンチャー含む産業界の参画を促すためにどのように取り組むべきか（例：施設共用化、公共調達）
- ・スピナウト型の核融合関連技術産業群の振興に向けた方策は何か（例：スタートアップ振興策）

⇒これらの論点に対して、社会ニーズを取り込むべきとの有識者会議意見を踏まえ、事務局にてヒアリングを実施。

核融合産業育成に向けたヒアリング

《ヒアリング対象》

- ・ 国内企業：9社（うちITER参画企業5社）
（重電、金属加工、特殊材料、核融合ベンチャー）
- ・ 海外企業：3社（うちITER参画企業1社）
（重電、核融合ベンチャー）
- ・ 国内投資企業：3社
- ・ 国内核融合研究機関：3機関
- ・ 海外政府：1か国

全19団体

《ヒアリング形式》

- ・オンラインあるいは対面会議

《主なヒアリングトピック》

○技術・人材の確保に関する質問

- ・ これまでに培われた技術・人材を確保・育成していくための具体的な取組
- ・ これまでの核融合に関する取組で、波及効果のあった技術あるいは他の事業に応用できた技術・ノウハウ
- ・ スピナウト型技術の発展に必要な方策
- ・ 知財とノウハウを守るための取組

○企業の参画促進に関する質問

- ・ 国内外の核融合ベンチャー等の他企業の核融合への取組
- ・ 核融合原型炉に向けた安全規制の在り方
- ・ 海外の投資状況等を踏まえた社内の核融合事業の影響
- ・ 産業界からの更なる参画を呼ぶために必要な取組
- ・ 核融合原型炉の推進体制
- ・ 核融合原型炉と企業経営の時間軸の違い
- ・ 核融合戦略に期待するアウトプット

⇒有識者意見とヒアリング結果を各論点毎に抽出し、方向性として整理。

核融合産業の育成政策について

《論点》

・ITER計画等で培われた産業技術・人材を確保・育成していくために必要な取組は何か（例：海外需要取り込み）

《第1・2回有識者会議にて委員よりいただいた意見》（重複あり）

- ✓ ITERでは企業からの出向者やOBが活躍。事業や商用炉を経験した技術者を適材適所で配置する体制が重要。（柏木委員）
- ✓ ITER計画等にもっと積極的に民間企業を参画させるため、産業の予見性を高める必要あり。（栗原委員）
- ✓ 国際場で活躍できるという核融合の魅力を活用し、雇用の安定性を確保した若手人材集めが必要。（柏木委員）
- ✓ 国際貢献、インフラ輸出など将来のマーケットを考えると海外人材の取り込みも考慮。（栗原委員、柏木委員、吉田委員）
- ✓ 人材育成・確保のために核融合科学を学際化して、一般性の下で頭脳循環を促進する体制を構築。（吉田委員）
- ✓ QSTなどでこれまでに培ったインフラ施設の共用化は、双方のメリットを生かした発展的な協力が必要。（柏木委員、近藤委員）
- ✓ 国際市場も視野に入れ、我が国のサプライチェーンと担い手を明確にする必要。特に技術が必要なところを集中的におさえる。（近藤委員、小西委員）
- ✓ 自国でどの技術が不可欠性とするのか、技術マッピングの整理が必要。（篠原座長）
- ✓ 日本には原型炉の発注主体がないので、実証の場が他国に取られてしまう。（尾崎委員）
- ✓ 国内の原型炉開発と核融合産業の国際展開は分けて考えるべき。（小西委員）

《ヒアリング概要》

- ✓ 原子力事業等の他事業に職員を異動させる形、国内外の工場を適材適所で活用した技術循環で、人材やノウハウ、技術を継承。他方、高齢化の影響、原型炉開発まで期間があるためモチベーションを高く維持して育成するには、原子力や加速器等の研究開発プロジェクト等の国からの継続的な支援が必要。その際には、QSTからの技術移管も大事なので、原型炉設計合同特別チームの活動を本格化することも必要。
- ✓ 技術の継承は文書や特許にすれば性能がでるものでなく、属人的に近い。ある時間単位で技術を維持するもの作りが必要。
- ✓ 核融合開発は、研究者との擦り合わせが必要な開発であるため、海外案件の受注はリスクが高い。また、まだ海外需要はないという認識であり、まずは国内市場がないと国内産業基盤も育たない。（⇔一方で、米英では核融合炉建設に向けてサプライチェーンの構築を現在進行形で進めており、既に海外需要が発生しているとの意見もあり）
- ✓ ものづくりがなければサプライチェーンも維持できないし、新しいことにチャレンジしないと技術が育成できないので、国の計画の具体化、ものづくりに対する補助金などの支援が必要。しかし、国による研究開発は予算変動や入札結果が受注を大きく左右するため、毎年リスクを抱えている。一方でその空白期間を埋めるためにベンチャー含む民間同士による受注の活用が期待できるため、民間への支援も重要。

核融合産業の育成政策について

《論点》

・核融合開発にベンチャー含む産業界の参画を促すためにどのように取り組むべきか（例：施設共用化、公共調達）

《第1・2回有識者会議にて委員よりいただいた意見》（重複あり）

- ✓ 研究機関と企業の技術ニーズ・シーズのマッチングを広めるための入り口の明確化が必要。機能・目的ごとに産学官のグループを作って知見を共有する場が必要。（尾崎委員、柏木委員）
- ✓ QSTなどでこれまでに培ったインフラ施設の供用化は双方のメリットを生かした発展的な協力が必要。（柏木委員、近藤委員）
- ✓ イノベーションに関する国とベンチャーの役割分担の整理が必要。（近藤委員）
- ✓ 原型炉の短い周期のマイルストーンを設定し、投資を呼び込む必要。一方でリスクをどうするか、環境醸成する必要（尾崎委員、栗原委員）
- ✓ 原型炉前倒しの議論は産業界としては期待。一方、ITERの成果を反映するタイミングで進める必要。（小澤委員）
- ✓ 国内の原型炉開発と核融合産業の国際展開は分けて考えるべき。（小西委員）
- ✓ 原型炉の前倒しにより、新たな時間軸で参画できる企業もいる可能性。（近藤委員）
- ✓ 自国の産業の活性化を重視し、インセンティブの仕組みを作るべき。（富岡委員）
- ✓ 日本には原型炉の発注主体がないので、実証の場が他国に取られてしまう。（尾崎委員）
- ✓ 自国でどの技術が不可欠性とするのか、技術マッピングの整理が必要。（篠原座長）

《ヒアリング概要》

- ✓ 一部のベンチャーが核融合炉を成功できるとは思っていないが、装置の技術開発等は国策の核融合炉に貢献すると思う。
- ✓ 海外需要の取り込みには、友好国との取り引きをつなぐなど、政府による支援も一助となる。一方で、機器製造のみに注力していると、将来的に下請け製造になってしまうので、核融合炉全体として取り組むべき。
- ✓ ものづくりのパートナーとして、ベンチャーから要請があれば協力するスタンス。
- ✓ 興味を持った方たちが集まることが必要なので、当面、幅広い機関の協業により推進することが重要。各社役員レベルが出席する産学官協議会を核融合も立ち上げてはどうか。ただし、その際はオールジャパン体制（ジョイントベンチャーや技術組合等）を構築し、その後国内の競争がある形が望ましい。一方で、情報が外に出ない仕組みが欲しい。
- ✓ 研究機関と企業が技術マッチングできる機会や技術マップによる接点の見える化があるといい。一方でニーズとシーズに技術ギャップがある場合があり、そこを埋めてメーカー側の参入リスクを低減するといい。
- ✓ 国際標準などで規格化されると、評価費用などが減るので、参入しやすい。
- ✓ 原子力とは異なる規制を整備することでリスクを明確化すると企業は参画しやすい。

核融合産業の育成政策について

《論点》

・スピナウト型の核融合関連技術産業群の振興に向けた方策は何か（例：スタートアップ振興策）

《第1・2回有識者会議にて委員よりいただいた意見》（重複あり）

- ✓ 研究機関と企業の技術ニーズ・シーズのマッチングを広めるための入り口の明確化が必要。機能・目的ごとに産学官のグループを作って知見を共有する場が必要。（尾崎委員、柏木委員）
- ✓ 技術力・人材・サプライチェーンを確保するため、共通な技術基盤を有する核融合・加速器・原子力に関する研究開発を幅広く推進。（富岡委員、柏木委員）
- ✓ 人材育成・確保のために核融合科学を学際化して、一般性の下で頭脳循環を促進する体制を構築。（吉田委員）
- ✓ 核融合など幅広く適用できるもの作り技術を掘り起こして、振興技術の産業化や派生に広げるべき。（柏木委員）
- ✓ 自国の産業の活性化を重視し、インセンティブの仕組みを作るべき。（富岡委員）
- ✓ 新しいベンチャーや事業体を作ると、国境を越えて人がやってくるのでよい。（吉田委員）

《ヒアリング概要》

- ✓ 核融合事業で育成した人材が他事業でも活躍している。
- ✓ 顧客の仕様を満たすために技術開発をするので、核融合で開発した技術を直接製品化して事業としてスピノフするのは実際は難しい。社内で育成した技術と統合して製品化を展開。（例：MRI、イオンビーム加工機、サージ抑制電源）
- ✓ 加工や溶接などの基盤技術の向上が高難易度製作品に活用、検査や管理方法などの基盤技術が大型製作品に活用。
- ✓ 投資を確保するためには、国からの補助金取得はいい与信。一方で、身動きのとれない補助金や戦略となるよりは、自由度がある支援を期待。

検討の方向性（案）

核融合の産業育成に向けて、下記課題の解決の方向性を見出すことが必要。

【見える】

- 原型炉に向けて細かなマイルストーンを設定し、産業の予見性を高めて、核融合への参画を促進できる計画の策定
- 技術マッピングによる技術安全保障の戦略及び産業ニーズの見える化
- 他分野への波及が期待される核融合技術の見える化



【繋がる】

- 継続的かつ本格的に産学官が連携できる活動の場（実施主体、試験施設、枠組み、技術移管の仕組み）の構築
- 研究機関と企業の技術ニーズ・シーズのマッチングを広めるビジネス機会の構築
- 核融合協議会のような、企業間での技術情報交換の場の構築



【育てる】

- ニーズ・シーズのギャップを埋める補助金やインセンティブの付与
- 戦略的な国際標準化等の規格化による市場創造・拡大
- 海外需要・海外人材の確保に向けた国際競争時代の新たな国際協調の検討
- 加速器・原子力等も含めた共通技術基盤の継続的な育成

以下、参考資料

核融合産業育成に向けたヒアリングの概要

《ヒアリングに対する回答の要約》

1. これまでに培われた技術・人材を確保・育成していくための具体的な取組

- ✓ 国のプロジェクトは需要の山谷と入札の成否の影響が大きいので人材維持が困難。原子力、加速器、医療分野など高い山に移動して人材・ノウハウを共有して体制を維持。民間やベンチャーからの受注、海外需要などを活用して山谷を埋めたい。
- ✓ 日本拠点・海外拠点の特徴を生かして、製作カテゴリをステップアップし、技術・人材の確保・育成を実施。
- ✓ OBと連絡を取り、加工ノウハウを掘り出して対応。
- ✓ 投資した設備の範疇で海外やベンチャーからの受注に取り組み。
- ✓ 1社では技術継承の費用やネットワークには限りがあるので、国から育成費用の補助や継続的な発注が必要。
- ✓ QSTからの技術移管も大事なので、原型炉設計合同特別チームの活動を本格化することも必要。
- ✓ 核融合は研究者とのすり合わせが必要なため、海外案件の受注はリスクが高い。まずは国内市場がないと国内産業基盤がもたない。

2. これまでの核融合に関する取組で、波及効果のあった技術あるいは他の事業に応用できた技術・ノウハウ

- ✓ 大小精密機械加工、精密溶接、ロウ付け技術、検査技術や挑戦的な機器設計の仕事が、社内人材・技術の成長に寄与し、半導体、航空、宇宙、加速器、産業用イオン源など最先端機器の製作に活かされた。

3. スピンアウト型技術の発展に必要な方策

- ✓ 顧客の仕様を満足するため、すり合わせながら進めている技術開発であり、将来に製品化できる見通し、または投資回収が見込めないと、直接スピンアウトは困難。
- ✓ 継続したものの作りで得たものをブラッシュアップし、社内で育成した技術と統合して製品化。

4. 知財とノウハウを守るための取組

- ✓ 企業間でも協力する部分、競合する部分があるため、個別の事案毎にオープン・クローズを検討。
- ✓ もの作りの場合に、製造特許を出してもメリットがないため、ノウハウとして守っていく。
- ✓ 現在の核融合業界が特許で縛られているわけではないが、将来的にベンチャー含む民間が核融合産業の主体となった場合には縛られることがありうる。
- ✓ 今のところ日本が進んでいるため、各国から問い合わせが来る状況。今後は競争なので技術流出の懸念はある。
- ✓ 技術の維持には文書の作成や特許を取れば性能が確保できるというものではない。属人的に近く、試作からやり直す必要があるので、数年毎にもものづくりを継続したい。

核融合産業育成に向けたヒアリングの概要

5. 国内外の核融合ベンチャーの動き

- ✓ 是非頑張っ欲しい。ものづくりのパートナーとして、ベンチャーから要請があれば協力するスタンス。国からも支援して欲しい。
- ✓ 人材育成の観点から、核融合メーカーとしてキャリアパスの受け皿を広げることに貢献する。
- ✓ 一部の閉じ込め方式には懐疑的な面もあるが、装置技術については国策としての核融合炉にも貢献するもの。
- ✓ 国策では新しいチャレンジができず、海外志向も検討。海外提携の後押しの支援が必要。
- ✓ 企業間でも協力する部分、競合する部分があるため、個別の事案毎にオープン・クローズを検討。
- ✓ 機器製造のみに注力していると、将来的に下請け製造のみになってしまうため、炉全体の開発を進めるべき。
- ✓ 資金・人材・事業パートナー・研究パートナーが足りていないとの認識。各所に支援が必要。
- ✓ イギリスは石炭火力の跡地に原型炉を建設するが、石炭から核融合へのシフトは良いメッセージ。

6. 重電メーカーにおける核融合の取組

- ✓ 原型炉の詳細設計を進めるためには重電・インフラ系の取組が必要だが、今はまだ動いてはいないとの認識。各社が本格的に動き出すと業界が動くと考える。

7. 核融合原型炉に向けた安全規制の在り方

- ✓ 前例のないプラントなので、核融合のリスクに応じて安全性を考慮した規制を早期に進める必要。
- ✓ 核融合基本法を立法して、核融合特有のリスクを明確にすることが重要。企業が参画するにしても、リスクが見えないのは障壁となる。
- ✓ 加速器と同じで放射性物質を漏らさないことが大事なのでトリチウム除去設備が主。中性子照射で容器が痛んでもライフタイムなどコストの問題。

8. 海外の核融合投資等を踏まえた社内の核融合事業の影響

- ✓ 海外での投資は目的が異なるので、株主からの期待は増えてはいない。（⇔一方で、海外投資家や海外企業からの日本企業への期待は大きいとの意見もあり）
- ✓ 継続性が見えるようになれば、事業の具体化、成立性の確認、株主の期待が高まり、結果として人員拡充につながると思う。
- ✓ 外的要因、世論、株主、電力会社からの強い要請がないと位置づけは変わらない。
- ✓ ITER機器の調達など、少なからず社内の認知度は向上。
- ✓ 国内では核融合炉を作る環境や、企業が増えるといいのでは。海外向けには国際規格など規格化されるとPRしやすい。

核融合産業育成に向けたヒアリングの概要

9. 産業界から核融合へのさらなる参画を呼ぶために必要な取組

- ✓ 重電など大企業が入ってくると、中小はその中に入っていく。大企業は社会的責任から動いており、中小企業は実験装置の受注というイメージで、ビジネスチャンスとして見てはいない。核融合炉を実現させるという動きが必要。
- ✓ 研究機関と企業が技術マッチングできる機会や技術マップによる接点の見える化があるといい。一方でメーカーはリスクをとれないため、ニーズとシーズに技術ギャップがある場合があり、その開発費を支援するなど、ギャップ埋めてメーカー側の参入リスクを低減するといい。
- ✓ 利益が無いところには参画できない。技術を発展させないと戦略が描けないのであれば、受託研究や助成金で技術者を雇うのがいい。
- ✓ 企業の技術がどこに使われるか、機器をブレイクダウンした技術マップがあると、接点が見える化しやすい。
- ✓ 結局もの作りが無ければサプライチェーンは維持できず、実験炉・原型炉と継続した事業形態が必要で、国の計画の具体化・予算化が必要。核融合に限らず、原子力業界も同様の課題。
- ✓ 興味を持った方たちが集まることが必要なので、幅広い機関の協業により推進することが重要。企業側も努力するためには、各社役員レベルが出席する産学官協議会を核融合も立ち上げてはどうか。一人でも味方が欲しい時に原子力以外からも応援が得られる。
- ✓ 国際標準などで規格化されると、参入の障壁が下がる。

10. 核融合原型炉の推進体制

- ✓ オールジャパン体制（ジョイントベンチャーや技術組合等）を構築し、その後に国内の競争がある形が望ましい。一方で、情報が外に出ない仕組みが欲しい。
- ✓ 各社役割を担って、それに応じた人材と受注が確保されないと、本腰を入れて原型炉に進むのは難しい。R&Dなどで得意な分野で人員を維持し、最終的にオールジャパンという形。
- ✓ 35年には建設判断、45年に運転開始という強いメッセージが必要。それに従って、短期的な事業計画を作れて体制ができる。
- ✓ 予算や規制など実際の建設地について検討を進める主体が必要。
- ✓ 少なくとも原型炉を誰がどこに作るかが決まると、駆動力が増える。
- ✓ 原型炉特別チームについては、研究組合とすると責任がはっきりし、原型炉計画が推進しやすくなる。一方で、今後進める上では、知財の取り扱いを議論する必要。

11. 核融合原型炉と企業経営の時間軸の違い

- ✓ 将来実現できるという開発の見通しが必要。技術目標と経済性の指標など、どういう商品ができるかのイメージがあると、ステークホルダーに説明しやすい。電力会社のユーザー視点でのC&Rも必要と考える。少なくとも原型炉を誰がどこに作るかが決まると、駆動力が増える。
- ✓ 企業としては短期的には2-3年先を見て考えるので、このスパンで受注が得られたら継続できる。

核融合産業育成に向けたヒアリングの概要

1.2. 核融合戦略に期待するアウトプット

- ✓ 国は信用付与機関であるので、国からの補助金獲得はいい与信となる。一方で、身動きのとれない補助金や戦略となるよりは、自由度がある支援を期待する。
- ✓ 友好国との取引を国が見つないでくれると、日本の技術を日本から売ることができる。
- ✓ 民間での核融合開発には、複数年度の契約が欲しい。
- ✓ 核融合にも展開できそうな技術はあると思われるが、メーカー側から核融合との接点を見つけることは難しく、接点を見出す仕組みが欲しい。
- ✓ 核融合のものづくりに対する補助金の交付があるといい。
- ✓ 技術者の確保が課題であり、後押ししてくれる施策が欲しい。
- ✓ 核融合は長いプロジェクトなので、マイルストーンを細かくして、各企業がそれに向かって開発していくようにしたい。ITERやJT-60SAなどで5年に一度のマイルストーンがあれば企業も対応しやすい。
- ✓ 核融合関連の予算が確保され、核融合の位置づけを明確にしてほしい。
- ✓ 国策として進める原型炉は、安全や規制など省庁の垣根を超えた議論が必要。これが核融合戦略の大きな役割。核融合の技術維持も考えて欲しい。
- ✓ 投資した出口は政府で回収してくれると、民間も投資しやすい。